

553,677

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2005 年 1 月 6 日 (06.01.2005)

PCT

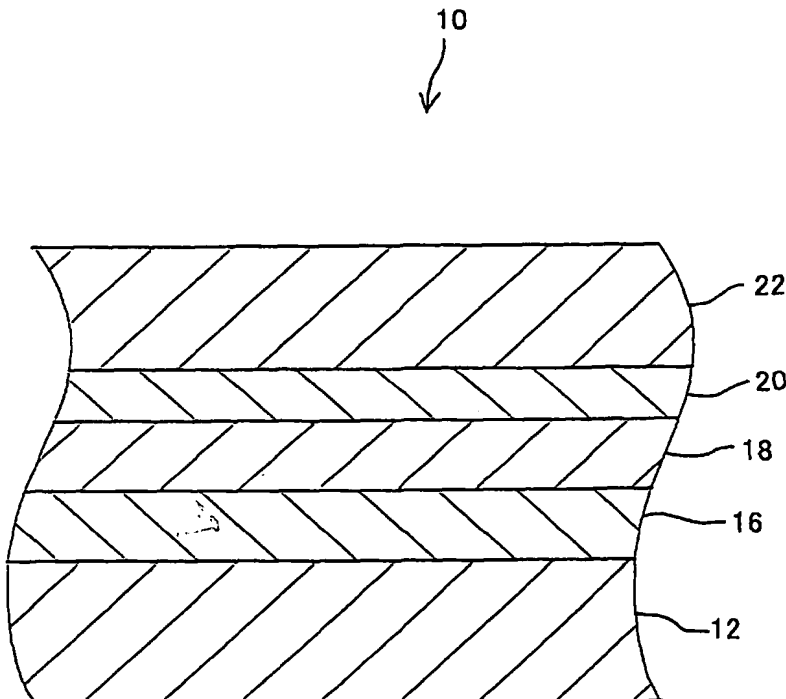
(10) 国際公開番号
WO 2005/001161 A1

- (51) 国際特許分類: C23F 4/00, G11B 5/84
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/008232
- (22) 国際出願日: 2004 年 6 月 11 日 (11.06.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2003-188468 2003 年 6 月 30 日 (30.06.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): TDK 株式会社 (TDK CORPORATION) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大川 秀一 (OKAWA, Shuichi) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 TDK 株式会社内 Tokyo (JP). 服部 一博 (HATTORI, Kazuhiro) [JP/JP]; 〒1038272 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 TDK 株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 松山 圭佑, 外(MATSUYAMA, Keisuke et al.); 〒1510053 東京都渋谷区代々木二丁目 1 0 番 1 2 号 南新宿ビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: MASK MATERIAL FOR REACTIVE ION ETCHING, MASK AND DRY ETCHING METHOD

(54) 発明の名称: 反応性イオンエッチング用のマスク材料、マスク及びドライエッチング方法



(57) Abstract: A dry etching method is disclosed which enables to precisely process an object region of a body to be etched through reactive ion etching wherein a carbon monoxide gas to which a nitrogen compound-containing gas is added is used as the reaction gas. A material for a first mask layer (18) covering a magnetic thin film layer (16) contains silicon and tantalum.

(57) 要約: 含窒素化合物ガスが添加された一酸化炭素ガスを反応ガスとする反応性イオンエッチングを用いて被加工体のエッチング対象領域を精密に加工することができるドライエッチング方法等を提供する。磁性薄膜層 16 を被覆する第 1 のマスク層 18 の材料を、ケイ素と、タンタルと、を含む材料とした。

WO 2005/001161 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

反応性イオンエッチング用のマスク材料、マスク及びドライエッチング方法 技術分野

[0001] 本発明は、例えば磁性材の加工等に用いられる反応性イオンエッチング用のマスク材料、マスク及びドライエッチング方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、磁性材等の微細加工技術として、 NH_3 (アンモニア) 等の含窒素化合物ガスが添加されたCO (一酸化炭素) ガスを反応ガスとする反応性イオンエッチング (例えば、特開平12-322710号公報参照) が知られている。尚、この反応性イオンエッチングは、Pt (白金) 等の非磁性材の加工にも用いることができる。

[0003] この反応性イオンエッチングは、磁性材等を構成する遷移金属とCOガスを反応させて結合エネルギーが小さい遷移金属カーボニル化合物を生成し、生成した遷移金属カーボニル化合物をスパッタリング作用で除去して磁性材等を所望の形状に加工するものである。尚、含窒素化合物ガスはCOがC (炭素) とO (酸素) に分解することを抑制し、遷移金属カーボニル化合物の生成を促進するために添加されている。

[0004] この反応性イオンエッチング用のマスク材料としては、Ti (チタン)、Mg (マグネシウム)、Al (アルミニウム) 等を構成成分とするマスク材料が知られている (例えば、特開平11-92971号公報参照)。又、本出願と同一の出願人は、磁性材に対してエッチングレートが著しく低く、エッチングの選択性に優れたマスク材料として、Ta (タンタル) を構成成分とするマスク材料を提案している (例えば、特開2001-274144号公報参照)。尚、これらのマスク材料で構成されるマスクを所望のパターンに加工する技術としては、半導体製造の分野で一般的な、ハロゲン系ガスを反応ガスとする反応性イオンエッチング等を用いることができる。

[0005] このようなドライエッチングの手法を用いることにより、磁性材等の種々の微細加工が可能であると考えられている。

[0006] 例えば、ハードディスク等の磁気記録媒体は、磁性薄膜層を構成する磁性粒子の微細化、材料の変更、ヘッド加工の微細化等の改良により面記録密度が著しく向上

しているが、これら磁性粒子の微細化等の改良手法は限界にきており、一層の面記録密度の向上を実現しうる磁気記録媒体の候補として、磁性薄膜層を多数の微細な記録要素に分割してなるディスクリットタイプの磁気記録媒体が提案されている(例えば、特開平9-97419号公報参照)。このようなディスクリットタイプの磁気記録媒体を実現するためには領域幅が $1\mu\text{m}$ 以下の微細領域の加工が要求されるが、上述のドライエッチングの手法を用いることにより、このような微細加工も可能であると考えられていた。

[0007] しかしながら、上記のようなドライエッチングの手法を用いることで、磁性材等に微細なパターンを形成することはできても、図10(A)に示されるような側面100が垂直な理想的な形状の凹部102を形成することは困難で、実際には図10(B)に示されるような側面104がテーパ形状の凹部106が形成され、所望の加工形状と、実際の加工形状と、の間に、一定のずれが生じていた。より詳細に説明すると、ドライエッチングでは、一部のガスが被加工体に対して垂直方向から若干傾斜して接近し、エッチング対象領域の端部はマスク108から露出している一部に対してマスク108の陰となるため、他の部分よりもエッチングの進行が遅れ、側面がテーパ形状の凹部が形成されることが考えられる。エッチング対象領域の微細化に伴い、このような加工形状のずれが製品の特性等に及ぼす影響が相対的に大きくなる傾向があり、側面のテーパ角を低減する(即ち側面を垂直に近づける)ドライエッチング技術に対するニーズが高まっている。

[0008] 又、被加工体のドライエッチングのために、被加工体には一又は複数のマスクが形成され、マスクも一般的にドライエッチングで加工されて側面がテーパ形状の溝が形成されるため、最表面のマスクの凹部は順次狭まりつつ被加工体に転写されることになる。凹部が過度に狭くなると被加工体には両側面が連続したV字断面の凹部が形成されて、エッチングがそれ以上進行しなくなり、所望の深さまで加工できないことがある。例えば、上述のディスクリットタイプの磁気記録媒体では、磁性薄膜層の厚さよりも浅いV溝が形成され、磁性薄膜層を分割できないことがある。

[0009] 尚、凹部側面のテーパ角を考慮し、最表面のマスクに充分大きな幅の凹部を形成すれば、このような事態を回避しうるが、パターンが微細で凹部同士の間隔が小さい

場合、最表面で凹部同士が連続し、各凹部を区別して形成できないことがある。

- [0010] 更に、マスクにおける凹部側面のテーパ角が大きいと、それだけ被加工体へのパターンの転写精度が低下しやすいという問題がある。

発明の開示

- [0011] 本発明は、以上の問題点に鑑みてなされたものであって、含窒素化合物ガスが添加された一酸化炭素ガスを反応ガスとする反応性イオンエッチングを用いて被加工体を精密に加工することができるドライエッチング方法等を提供することをその課題とする。
- [0012] 本発明は、含窒素化合物ガスが添加された一酸化炭素ガスを反応ガスとする反応性イオンエッチング用のマスク材料として、ケイ素と、タンタルと、を含む材料を用いることにより、上記課題を解決するに至った。
- [0013] 発明者は、本発明に想到する過程において、ドライエッチングのマスク材料として種々の材料を試行錯誤したところ、ケイ素と、タンタルと、で構成されたマスク材料は、ハロゲン系ガスを反応ガスとする反応性イオンエッチングで加工する際、バイアスパワーの値等の設定条件により、加工形状が変化しやすいことを見出した。
- [0014] 一例を示すと、反応性イオンエッチングにおけるバイアスパワーを低減すると、マスクに形成される凹部側面のテーパ角が低減した。このようにマスクの凹部側面のテーパ角を低減することで、それだけ凹部同士の間隔が狭い微細なパターンを加工することができる。又、マスクの凹部側面のテーパ角を低減することで、被加工体へのパターンの転写精度を高めることができる。
- [0015] このように反応性イオンエッチングの設定条件により、マスクの加工形状が変化する理由は必ずしも明らかではないが、概ね次のように考えられる。
- [0016] 反応性イオンエッチングでは、イオンの衝突という物理的作用と反応ガスの化学的作用との相乗効果により、エッチングが進行する。従来は、ガス圧の低減、バイアスパワーの増加等により、イオンの直進性を高めて凹部側面のテーパ角を抑制していた。即ち、主として反応性イオンエッチングの物理的作用を制御して、凹部側面のテーパ角を抑制していた。しかしながら、このようなガス圧、バイアスパワーの調整によるイオンの直進性の向上は既に限界にきており、被加工物に対して接近する総てのイオン

を完全に垂直方向に指向することはできなかった。

[0017] 一方、ケイ素は、タンタルよりもハロゲン系の反応ガスと反応しやすいため、ケイ素と、タンタルと、を含むマスク材料は、タンタル単体よりも、ハロゲン系ガスの化学的作用によるエッチングが進行しやすい。言い換えれば、物理的作用を多少抑制しても、エッチングが充分進行することになる。化学的作用によるエッチングは等方的に進行するため、(該マスクの加工のための他の)マスクの陰になる部分のエッチングが促進され、側面のテーパ角が小さくなると考えられる。

[0018] 即ち、反応性イオンエッチングの物理的作用を高め、イオンの直進性を向上させることで凹部側面のテーパ角を抑制することが常識とされていた従来の技術に対し、本発明は着想、構成が全く異なっており、反応性イオンエッチングの物理的作用を抑制する一方、化学的作用を高めるという従来の反応性イオンエッチングの技術とは逆の手法で凹部側面のテーパ角が低減されていると考えられる。

[0019] 尚、タンタルを含まないケイ素系材料も、タンタル単体よりも、ハロゲン系の反応ガスと反応しやすくエッチングが進行しやすいが、タンタルを含まないケイ素系材料は一酸化炭素を反応ガスとする反応性イオンエッチングにおいてもエッチングが進行しやすいためマスク材料として不適當である。

[0020] これに対し、ケイ素と、タンタルと、を含む材料は、一酸化炭素を反応ガスとする反応性イオンエッチングにおいて十分な耐エッチング性を有し、マスク材料として好適である。

[0021] 更に、発明者は、ケイ素と、タンタルと、を含む材料は、ケイ素の原子数と、タンタルの原子数と、を合計してなる原子数に対するケイ素の比率を50%以下に制限することにより、一酸化炭素を反応ガスとする反応性イオンエッチングに対する耐エッチング性がタンタル単体よりも大きくなることを見出した。即ち、それだけマスクの厚さを薄くすることができ、これによりマスクの陰になる部分を低減し、被加工体に形成される凹部側面のテーパ角を低減することができる。

[0022] 即ち、次のような本発明により、上記課題の解決を図ることができる。

[0023] (1) 含窒素化合物ガスが添加された一酸化炭素ガスを反応ガスとする反応性イオンエッチング用のマスク材料であって、ケイ素と、タンタルと、を含むことを特徴とする

反応性イオンエッチング用のマスク材料。

- [0024] (2)ケイ素とタンタルとの化合物、ケイ素とタンタルとの混合物のいずれかを含むことを特徴とする前記(1)の反応性イオンエッチング用のマスク材料。
- [0025] (3)ケイ素を含む材料を層状に形成してなるケイ素系材料層と、タンタルを含む材料を層状に形成してなるタンタル系材料層と、を積層してなる積層体であることを特徴とする前記(1)又は(2)の反応性イオンエッチング用のマスク材料。
- [0026] (4)ケイ素とタンタルとを含む酸化物、ケイ素とタンタルとを含む窒化物、ケイ素の酸化物、ケイ素の窒化物、タンタルの酸化物、タンタルの窒化物の少なくとも一の材料を含むことを特徴とする前記(1)乃至(3)のいずれかの反応性イオンエッチング用のマスク材料。
- [0027] (5)ケイ素の原子数と、タンタルの原子数と、を合計してなる原子数に対する前記ケイ素の原子数の比率が0%よりも大きく、且つ、50%以下であることを特徴とする前記(1)乃至(4)のいずれかの反応性イオンエッチング用のマスク材料。
- [0028] (6)ケイ素の原子数と、タンタルの原子数と、を合計してなる原子数に対する前記ケイ素の原子数の比率が10%以上、且つ、30%以下であることを特徴とする前記(5)の反応性イオンエッチング用のマスク材料。
- [0029] (7)前記(1)乃至(6)のいずれかに記載の反応性イオンエッチング用のマスク材料で構成されたことを特徴とする反応性イオンエッチング用のマスク。
- [0030] (8)前記(1)乃至(6)のいずれかに記載の反応性イオンエッチング用のマスク材料で構成されたマスク層を被加工体上に所定のパターンで形成するマスク形成工程と、含窒素化合物ガスが添加された一酸化炭素ガスを反応ガスとする反応性イオンエッチングにより前記被加工体を前記パターンの形状に加工する被加工体加工工程と、を含むことを特徴とするドライエッチング方法。
- [0031] (9)前記マスク形成工程は、前記マスク層を第1のマスク層として、該第1のマスク層を前記被加工体上に成膜し、該第1のマスク層上に前記パターンで第2のマスク層を形成し、ハロゲン系ガスを反応ガスとする反応性イオンエッチングにより前記第1のマスク層を前記パターンの形状に加工する工程であることを特徴とする前記(8)のドライエッチング方法。

[0032] (10)前記被加工体として、磁性材を加工することを特徴とする前記(8)又は(9)のドライエッチング方法。

図面の簡単な説明

[0033] [図1]本発明の実施形態に係る試料の出発体の構成を模式的に示す側断面図である。

[図2]同出発体を加工して得られる試料の完成体の構造を模式的に示す側断面図である。

[図3]同試料の加工に用いられる反応性イオンエッチング装置の構造を模式的に示す一部ブロック図を含む側面図である。

[図4]同試料の加工工程を示すフローチャートである。

[図5]レジスト層がパターンで分割された試料の形状を示す側断面図である。

[図6]溝底面の第2のマスク層が除去された試料の形状を模式的に示す側断面図である。

[図7]溝底面の第1のマスク層が除去された試料の形状を模式的に示す側断面図である。

[図8]磁性薄膜層が分割された試料の形状を模式的に示す側断面図である。

[図9]第1のマスク層の材料のケイ素の比率とエッチングの選択比との関係を示すグラフである。

[図10]理想的な凹部形状及び従来のドライエッチングによる実際の凹部形状を模式的に示す側断面図である。

発明を実施するための最良の形態

[0034] 以下、本発明の好ましい実施形態について図面を参照して詳細に説明する。

[0035] 本実施形態は、図1に示される試料の出発体にドライエッチング等の加工を施すことにより、図2に示されるような所定のラインアンドスペースパターンの形状に磁性薄膜層(磁性材)を加工するものであり、磁性薄膜層を被覆するマスクの材料、マスクの加工工程に特徴を有している。他の構成については従来と同様であるので説明を適宜省略することとする。

[0036] 試料10の出発体は、ガラス基板12に、磁性薄膜層16、第1のマスク層18、第2の

マスク層20、レジスト層22がこの順で形成された構成である。

- [0037] 磁性薄膜層16は、厚さが5〜30nmで、材料はCoCr(コバルトクロム)合金である。
- [0038] 第1のマスク層18は、厚さが5〜50nmで、材料はケイ素と、タンタルと、を混合したものである。又、ケイ素の原子数と、タンタルの原子数と、を合計した原子数に対するケイ素の原子数の比率は(10%以上、且つ、30%以下の)約20%である。
- [0039] 第2のマスク層20は、厚さが5〜30nmで、材料はNi(ニッケル)である。
- [0040] レジスト層22は、厚さが30〜300nmで、材料は電子線レジスト(ZEP520 日本ゼオン社)である。
- [0041] 試料10の加工は、図3に示されるような反応性イオンエッチング装置等を用いて行う。
- [0042] 反応性イオンエッチング装置30はヘリコン波プラズマ方式であり、拡散チャンバー32と、拡散チャンバー32内に試料10を載置するためのESC(静電チャック)ステージ電極34と、プラズマを発生するための石英製ベル・ジャー36と、を備えている。
- [0043] ESCステージ電極34にはバイアス電圧を印加するためのバイアス電源38が結線されている。尚、バイアス電源は、周波数が1.6MHzの交流電源である。
- [0044] 石英製ベル・ジャー36は下端が拡散チャンバー32内に開口し、半球面上の上部中央近傍には反応ガスを給気するための給気孔36Aが設けられている。又、石英製ベル・ジャー36の周囲には、電磁コイル40と、アンテナ42が配設され、アンテナ42にはプラズマ発生電源44が結線されている。尚、プラズマ発生電源44は、周波数が13.56MHzの交流電源である。
- [0045] 次に、試料10の加工方法について、図4に示すフローチャートに沿って説明する。
- [0046] まず、図1に示される試料10の出発体を用意する(S102)。試料10の出発体はガラス基板12に、磁性薄膜層16、第1のマスク層18、第2のマスク層20を、この順でスパッタリング法により形成し、更にレジスト層22をスピコート法で塗布することにより得られる。
- [0047] この試料10の出発体のレジスト層22に電子線露光装置(図示省略)を用いて露光し、ZED-N50(日本ゼオン社)を用いて室温で5分現像して露光部を除去し、図5に

示されるように微細な間隔で多数の溝を形成する(S104)。

[0048] 次に、Ar(アルゴン)ガスを用いたイオンビームエッチング装置(図示省略)を用いて、図6に示されるように溝底面の第2のマスク層20を除去する(S106)。これにより、第1のマスク層18側に狭まる溝が形成され、第2のマスク層20の側面は、垂直方向から若干傾斜したテーパ形状となる。尚、この際、溝以外の領域のレジスト層22も若干除去される。

[0049] 次に、反応性イオンエッチング装置30を用いてCF₄ガス又はSF₆ガス(ハロゲン系の反応ガス)を用いた反応性イオンエッチングにより、図7に示されるように溝底面の第1のマスク層18を除去する(S108)。

[0050] 具体的には、試料10をESCステージ電極34に載置・固定し、バイアス電圧を印加する。更に、電磁コイル40が磁界を発し、アンテナ42がヘリコン波を発するとヘリコン波は磁界に沿って伝播し、石英製ベル・ジャー36の内部に高密度のプラズマが発生する。給気孔36AからCF₄ガス又はSF₆ガスを供給するとラジカルが拡散チャンバー32内に拡散して第1のマスク層18の表面に付着し、反応する。又、イオンがバイアス電圧により誘導されて試料10に衝突し、第1のマスク層18の表面を除去する。この際、第1のマスク層18のエッチングの進行を過度に制限しない範囲で、バイアス電源38のバイアスパワーを低めに調節しておく。第1のマスク層18は、材料がハロゲン系反応ガスと反応しやすいケイ素を含んでいるので、バイアスパワーをそれだけ低めに調節することができる。

[0051] これにより、磁性薄膜層16側に狭まる溝が形成され、第1のマスク層18には、垂直方向から若干傾斜したテーパ形状の側面が形成されるが、バイアスパワーを低めに調節しているので、第1のマスク層18の側面のテーパ角は小さく制限される。尚、ここで、溝以外の領域のレジスト層22は完全に除去される。又、溝以外の領域の第2のマスク層20も一部除去されるが若干量が残存する。

[0052] 次に、反応性イオンエッチング装置30又は同様の構造の他の反応性イオンエッチング装置を用いて図8に示されるように溝底面の磁性薄膜層16を除去する(S110)。

[0053] 反応性イオンエッチング装置30を用いる場合を例として具体的に説明すると、上記の第1のマスク層18の反応性イオンエッチングにおけるCF₄ガス又はSF₆ガスに代え

て給気孔36AからCOガス及びNH₃ガスを供給するとラジカルが拡散チャンバー32内に拡散して磁性薄膜層16の表面をカーボニル化する。又、イオンがバイアス電圧により誘導されて、カーボニル化された磁性薄膜層16の表面を除去する。

[0054] これにより、基板12側に狭まる溝が形成され、磁性薄膜層16には、垂直方向から若干傾斜したテーパ形状の側面が形成される。

[0055] ここで、第1のマスク層18は、材料がケイ素と、タンタルと、を混合したものであり、且つ、ケイ素の原子数と、タンタルの原子数と、を合計した原子数に対するケイ素の原子数の比率が(10%以上、且つ、30%以下の)約20%であり、後述するようにCOガス及びNH₃ガスを反応ガスとする反応性イオンエッチングに対するエッチングレートが低い(耐エッチング性が高い)ので、それだけ第1のマスク層18は薄く形成されている。従って、垂直方向から若干傾斜して接近するガスに対し、第1のマスク層18の陰となる部分は小さく、磁性薄膜層16の側面のテーパ角はそれだけ小さく制限される。即ち、パターンが微細であっても、磁性薄膜層16は精密に加工され、磁性薄膜層16が多数の記録要素16Aに分割される。

[0056] 尚、この反応性イオンエッチングにより、溝以外の領域の第2のマスク層20が完全に除去される。又、溝以外の領域の第1のマスク層18も一部が除去されるが一定量が記録要素の上面に残存する。

[0057] 次に、CF₄ガス又はSF₆ガスを用いた反応性イオンエッチングにより、図8に示されるように記録要素16Aの上面に残存する第1のマスク層18を完全に除去する(S112)。尚、CF₄ガス又はSF₆ガスを用いた反応性アッシング装置(図示省略)で記録要素の上面に残存する第1のマスク層18を除去してもよい。

[0058] これにより、試料10の加工が完了する。

[0059] 以上のように、磁性薄膜層16を被覆する第1のマスク層18の材料として、COガス及びNH₃ガスからなる反応ガスを用いた反応性イオンエッチングに対するエッチングレートが低いケイ素及びタンタルで構成された材料を用いることで、第1のマスク層18の厚さを薄くすることができ、側面のテーパ角が小さい記録要素16Aを形成することができる。

[0060] 又、ケイ素及びタンタルで構成された材料を用いることで、ハロゲン系の反応ガスを

用いた反応性イオンエッチングの設定条件を調節し、第1のマスク層18自体の側面のテーパ角を低減でき、これによりパターンの転写精度を高めることができる。

[0061] 更に、記録要素16Aの側面のテーパ角、第1のマスク層18の側面のテーパ角、を低減することができるので、溝のピッチが小さい微細なパターンを磁性薄膜層16に転写することができる。

[0062] 尚、本実施形態において、磁性薄膜層16を加工するための反応性イオンエッチングの反応ガスとして NH_3 ガスが添加されたCOガスを用いているが、本発明はこれに限定されるものではなく、COの分解を抑制する作用を有するアミン類ガス等の他の含窒素化合物ガスが添加されたCOガスを反応ガスを用いて磁性薄膜層16を加工してもよい。

[0063] 又、本実施形態において、第1のマスク層18を加工するための反応性イオンエッチングの反応ガスとして CF_4 ガス又は SF_6 ガスを用いているが、本発明はこれに限定されるものではなく、他のハロゲン系の反応ガスを用いて第1のマスク層18を加工してもよい。

[0064] 又、本実施形態において、磁性薄膜層16、第1のマスク層18を加工するための反応性イオンエッチング装置30はヘリコン波プラズマ方式であるが、本発明はこれに限定されるものではなく、平行平板方式、マグネトロン方式、2周波励磁方式、ECR (Electron Cyclotron Resonance) 方式、ICP (Inductively Coupled Plasma) 方式等、他の方式の反応性イオンエッチング装置を用いてもよい。

[0065] 又、本実施形態において、レジスト層22及び第2のマスク層20を第1のマスク層18上に形成し、電子線露光装置及びイオンビームエッチングを用いて第2のマスク層20を所定のパターンに形成しているが、ハロゲン系の反応ガスに対して耐エッチング性を有する第2のマスク層を第1のマスク層18上に高精度で形成することができれば、第1のマスク層18上のマスク層、レジスト層の材料、加工方法及びこれらの積層数は特に限定されない。例えば、レジスト層22に微細な間隔で溝を形成する方法として、電子線露光装置に代えて、ナノ・インプリント法を用いてもよい。

[0066] 又、本実施形態において、第1のマスク層18の材料は、ケイ素の原子数と、タンタルの原子数と、を合計した原子数に対するケイ素の原子数の比率が約20%であるが

、本発明はこれに限定されるものではなく、ケイ素と、タンタルと、を混合してなるマスク材料であれば、その比率に拘らず、ハロゲン系の反応ガスを用いた反応性イオンエッチングの設定条件を調節することで、加工形状を制御することが可能であり、マスクに形成されるテーパ角を低減することができる。

[0067] 尚、後述するように、ケイ素の原子数と、タンタルの原子数と、を合計した原子数に対するケイ素の原子数の比率を50%以下とすれば、CO及びNH₃を反応ガスとする反応性イオンエッチングに対するエッチングレートをタンタル単体よりも低く(耐エッチング性を高く)でき、特にケイ素の原子数の比率を10%以上、且つ、30%以下とすることで、タンタル単体よりもエッチングレートを大幅に低くすることができ、好ましい。

[0068] 又、本実施形態において、第1のマスク層18の材料は、ケイ素と、タンタルと、を混合してなるマスク材料であるが、ケイ素に代えて、例えば二酸化ケイ素、窒化ケイ素等の他のケイ素系の材料を用いてもよい。また、タンタルに代えて、例えば酸化タンタル、窒化タンタル等の他のタンタル系材料を用いてもよい。また、ケイ素とタンタルとを含む化合物を用いてもよい。また、ケイ素系材料の層とタンタル系材料の層との積層体でもよい。尚、積層体の場合、ケイ素系材料の層がタンタル系材料を含んでいてもよく、タンタル系材料の層がケイ素系材料を含んでいてもよい。この場合も、ハロゲン系の反応ガスを用いた反応性イオンエッチングの設定条件を調節することで、マスクの加工形状を制御し、マスクに形成されるテーパ角を低減することが可能である。又、CO及びNH₃を反応ガスとする反応性イオンエッチングに対するエッチングレートをタンタル単体よりも低くすることもできる。

[0069] 又、本実施形態において、試料10はガラス基板12に磁性薄膜層16を直接形成した構成の試験用の試料であるが、ハードディスク等の磁気ディスク、光磁気ディスク、磁気テープ、磁気ヘッド等、磁性材を有して構成される種々の記録媒体、装置の加工に本発明を適用可能であることは言うまでもない。

[0070] 又、本実施形態において、磁性薄膜層16の材質はCoCr合金であるが、本発明はこれに限定されるものではなく、例えば、鉄族元素(Co、Fe(鉄)、Ni)を含む他の合金、これらの積層体等の他の材質の磁性材の加工のためのマスク材料としても、ケイ素と、タンタルと、を混合してなるマスク材料は好適である。

[0071] 又、本実施形態において、ケイ素と、タンタルと、を混合してなるマスク材料を磁性材の加工のために用いているが、本発明はこれに限定されるものではなく、CO及びNH₃を反応ガスとする反応性イオンエッチングで加工可能な材料であれば、例えばPt等の非磁性材の加工のためのマスク材料としても、ケイ素と、タンタルと、を混合してなるマスク材料は好適である。

[0072] (例1)

上記実施形態のとおり、ケイ素の原子数と、タンタルの原子数と、を合計した原子数に対するケイ素の原子数の比率を約20%とした。即ち、タンタルの原子数と、ケイ素の原子数と、の組成比率を約4:1とした。

[0073] 又、磁性薄膜層16の厚さを約25nm、第1のマスク層18の厚さを約20nm、第2のマスク層20の厚さを約15nm、レジスト層22の厚さを約130nmとし、試料10の出発体を2個作製した。

[0074] レジスト層22に、ピッチが約120nm、ラインとスペースとの比率が約1:1のパターン(即ちライン幅、スペース幅がいずれも約60nmのパターン)を露光・現像したところ、側面が垂直な溝が形成された。

[0075] 第2のマスク層20には、側面がテーパ形状の溝が形成され、溝底面のスペース幅は約55nm(ライン幅は約65nm)であった。

[0076] 第1のマスク層18にも側面がテーパ形状の溝が形成された。第1のマスク層18の加工において、ソースパワーは1000Wで一定に保持する一方、バイアスパワーは2つの試料について異なる値とし、それぞれ150W、75Wに調節したところ、バイアスパワーが150Wの場合、溝底面のスペース幅は約23nmであった。一方、バイアスパワーが75Wの場合、溝底面のスペース幅は約38nmであった。尚、反応性イオンエッチング装置のステージ電極は直径6インチのものを用いた。

[0077] 磁性薄膜層16にも側面がテーパ形状の溝が形成された。尚、磁性薄膜層16の加工においては、いずれの試料についてもソースパワーを1000W、バイアスパワーを250Wで一定に保持した。第1のマスク層18の底面のスペース幅が23nmの場合、磁性薄膜層16の底面のスペース幅は約15nmであった。一方、第1のマスク層18の底面のスペース幅が38nmの場合、磁性薄膜層16の底面のスペース幅は約29nmで

あった。

[0078] (例2)

上記例1に対し、ケイ素の原子数と、タンタルの原子数と、を合計した原子数に対するケイ素の原子数の比率を約80%とした。即ち、タンタルの原子数と、ケイ素の原子数と、の組成比率を約1:4とした。その他の条件は、上記例1と同様とし、試料10の出発体を2個作製した。レジスト層22、第2のマスク層20を加工したところ、第2のマスク層20には、側面がテーパ形状の溝が形成され、例1と同様に底面のスペース幅は約55nm(ライン幅は約65nm)であった。

[0079] 又、例1と同様に、第1のマスク層18の加工において、ソースパワーは1000Wで一定に保持する一方、バイアスパワーは2つの試料について異なる値とし、それぞれ150W、75Wに調節したところ、バイアスパワーが150Wの場合、溝底面のスペース幅は約15nmであった。一方、バイアスパワーが75Wの場合、溝底面のスペース幅は約45nmであった。

[0080] 又、磁性薄膜層16にも側面がテーパ形状の溝が形成され、第1のマスク層18の底面のスペース幅が15nmの場合、磁性薄膜層16の底面のスペース幅は約7nmであった。一方、第1のマスク層18の底面のスペース幅が45nmの場合、磁性薄膜層16の底面のスペース幅は約36nmであった。

[0081] (比較例)

上記例1に対し、第1のマスク層18の材料をケイ素を含まない、ほぼ純粋なタンタルとした。その他の条件は、上記例1と同様とし、試料10の出発体を2個作製した。レジスト層22、第2のマスク層20を加工したところ、第2のマスク層20には、側面がテーパ形状の溝が形成され、底面のスペース幅は約55nm(ライン幅は約65nm)であった。

[0082] 例1と同様に、第1のマスク層18の加工において、ソースパワーは1000Wで一定に保持する一方、バイアスパワーは2つの試料について異なる値とし、それぞれ150W、75Wに調節したところ、バイアスパワーが150Wの場合、底面のスペース幅は約25nmであった。一方、バイアスパワーが75Wの場合も、底面のスペース幅は約25nmであった。

[0083] 以上、例1、例2及び比較例の結果を表1に対比して示す。

[0084] [表1]

	例 1		例 2		比較例	
第 2 のマスク層の材質	N i		N i		N i	
第 1 のマスク層の材質	T a : S i = 4 : 1		T a : S i = 1 : 4		T a	
レジスト層底面のスペース幅 (nm)	6 0		6 0		6 0	
第 2 のマスク層底面のスペース幅 (nm)	5 5		5 5		5 5	
第 1 のマスク層の加工における バイアスパワー (W)	1 5 0	7 5	1 5 0	7 5	1 5 0	7 5
第 1 のマスク層底面のスペース幅 (nm)	2 3	3 8	1 5	4 5	2 5	2 5
磁性薄膜層底面のスペース幅 (nm)	1 5	2 9	7	3 6	—	—

[0085] 例1、例2では、比較例に対して、磁性薄膜層16の加工形状を、側面のテーパ角が小さいものとすることができた。また、例1、例2では、バイアスパワーを調節することで、側面のテーパ角が小さくなることが確認された。一方、比較例ではバイアスパワーを調節しても、スペース幅は一定で変化しないことが確認された。

[0086] (例3)

ケイ素の原子数と、タンタルの原子数と、を合計した原子数に対するケイ素の原子数の比率が異なる複数種類のマスク材料で第1のマスク層18を形成し、COガス及びNH₃ガスを反応ガスとする反応性イオンエッチングにおける、第1のマスク層18の選択比を測定したところ図9に示されるような結果が得られた。ここで、選択比は、磁性薄膜層16のエッチング速度を第1のマスク層18のエッチング速度で除した値である。

[0087] 図9に示されるように、ケイ素の原子数と、タンタルの原子数と、を合計した原子数に対するケイ素の原子数の比率が0%よりも大きく、且つ、50%以下であれば、選択

比は、純粋なタンタルを材料とするマスクの選択比である33よりも大きくなり、マスク材料として好ましい比率であることが確認された。

[0088] 又、ケイ素の原子数と、タンタルの原子数と、を合計した原子数に対するケイ素の原子数の比率が5%以上、且つ、40%以下であれば、選択比が45以上となり更に好ましく、特に、ケイ素の原子数の比率が10%以上、且つ、30%以下であれば、50以上の選択比が得られ、一層好ましい比率であることが確認された。尚、ケイ素の原子数の比率が約20%で選択比は約66.7で最大となり、特に好ましい。

[0089] 尚、ケイ素の原子数と、タンタルの原子数と、を合計した原子数に対するケイ素の原子数の比率が80%を超えると、記録要素16Aの側面上端近傍が過度に除去される傾向があり、パターン、マスクの膜厚、反応性イオンエッチングの設定条件等を調整しても、記録要素16Aが丸みを帯びた形状に加工され、所望の加工が困難となる場合があるため、ケイ素の原子数の比率は80%以下が好ましい。

産業上の利用可能性

[0090] 以上説明したように、本発明によれば、含窒素化合物ガスが添加された一酸化炭素ガスを反応ガスとする反応性イオンエッチングを用いて被加工体のエッチング対象領域を精密に加工することが可能となるという優れた効果がもたらされる。

請求の範囲

- [1] 含窒素化合物ガスが添加された一酸化炭素ガスを反応ガスとする反応性イオンエッチング用のマスク材料であって、
ケイ素と、タンタルと、を含むことを特徴とする反応性イオンエッチング用のマスク材料。
- [2] 請求項1において、
ケイ素とタンタルとの化合物、ケイ素とタンタルとの混合物のいずれかを含むことを特徴とする反応性イオンエッチング用のマスク材料。
- [3] 請求項1又は2において、
ケイ素を含む材料を層状に形成してなるケイ素系材料層と、タンタルを含む材料を層状に形成してなるタンタル系材料層と、を積層してなる積層体であることを特徴とする反応性イオンエッチング用のマスク材料。
- [4] 請求項1乃至3のいずれかにおいて、
ケイ素とタンタルとを含む酸化物、ケイ素とタンタルとを含む窒化物、ケイ素の酸化物、ケイ素の窒化物、タンタルの酸化物、タンタルの窒化物の少なくとも一の材料を含むことを特徴とする反応性イオンエッチング用のマスク材料。
- [5] 請求項1乃至4のいずれかにおいて、
ケイ素の原子数と、タンタルの原子数と、を合計してなる原子数に対する前記ケイ素の原子数の比率が0%よりも大きく、且つ、50%以下であることを特徴とする反応性イオンエッチング用のマスク材料。
- [6] 請求項5において、
ケイ素の原子数と、タンタルの原子数と、を合計してなる原子数に対する前記ケイ素の原子数の比率が10%以上、且つ、30%以下であることを特徴とする反応性イオンエッチング用のマスク材料。
- [7] 請求項1乃至6のいずれかに記載の反応性イオンエッチング用のマスク材料で構成されたことを特徴とする反応性イオンエッチング用のマスク。
- [8] 請求項1乃至6のいずれかに記載の反応性イオンエッチング用のマスク材料で構成されたマスク層を被加工体上に所定のパターンで形成するマスク形成工程と、含

窒素化合物ガスが添加された一酸化炭素ガスを反応ガスとする反応性イオンエッチングにより前記被加工体を前記パターンの形状に加工する被加工体加工工程と、を含むことを特徴とするドライエッチング方法。

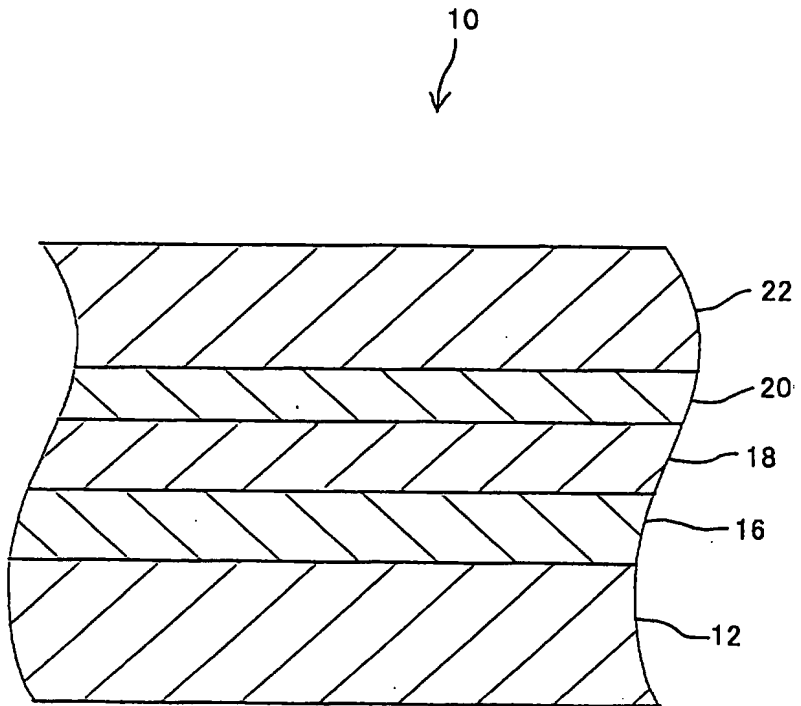
[9] 請求項8において、

前記マスク形成工程は、前記マスク層を第1のマスク層として、該第1のマスク層を前記被加工体上に成膜し、該第1のマスク層上に前記パターンで第2のマスク層を形成し、ハロゲン系ガスを反応ガスとする反応性イオンエッチングにより前記第1のマスク層を前記パターンの形状に加工する工程であることを特徴とするドライエッチング方法。

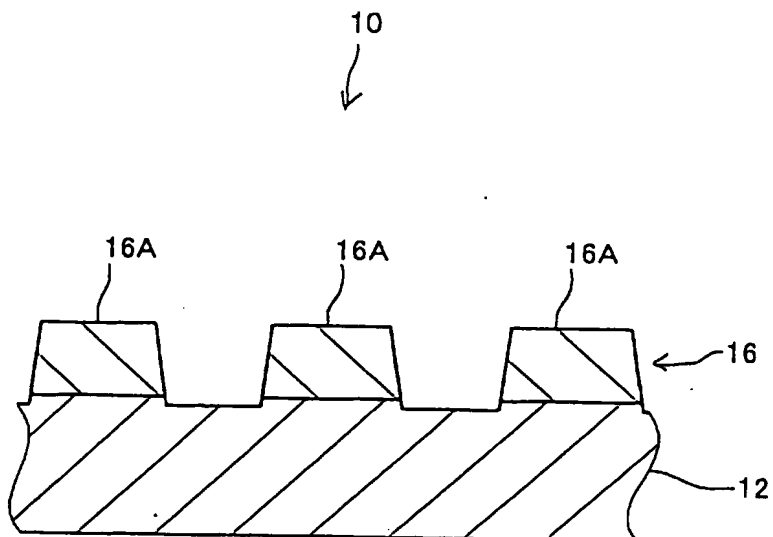
[10] 請求項8又は9において、

前記被加工体として、磁性材を加工することを特徴とするドライエッチング方法。

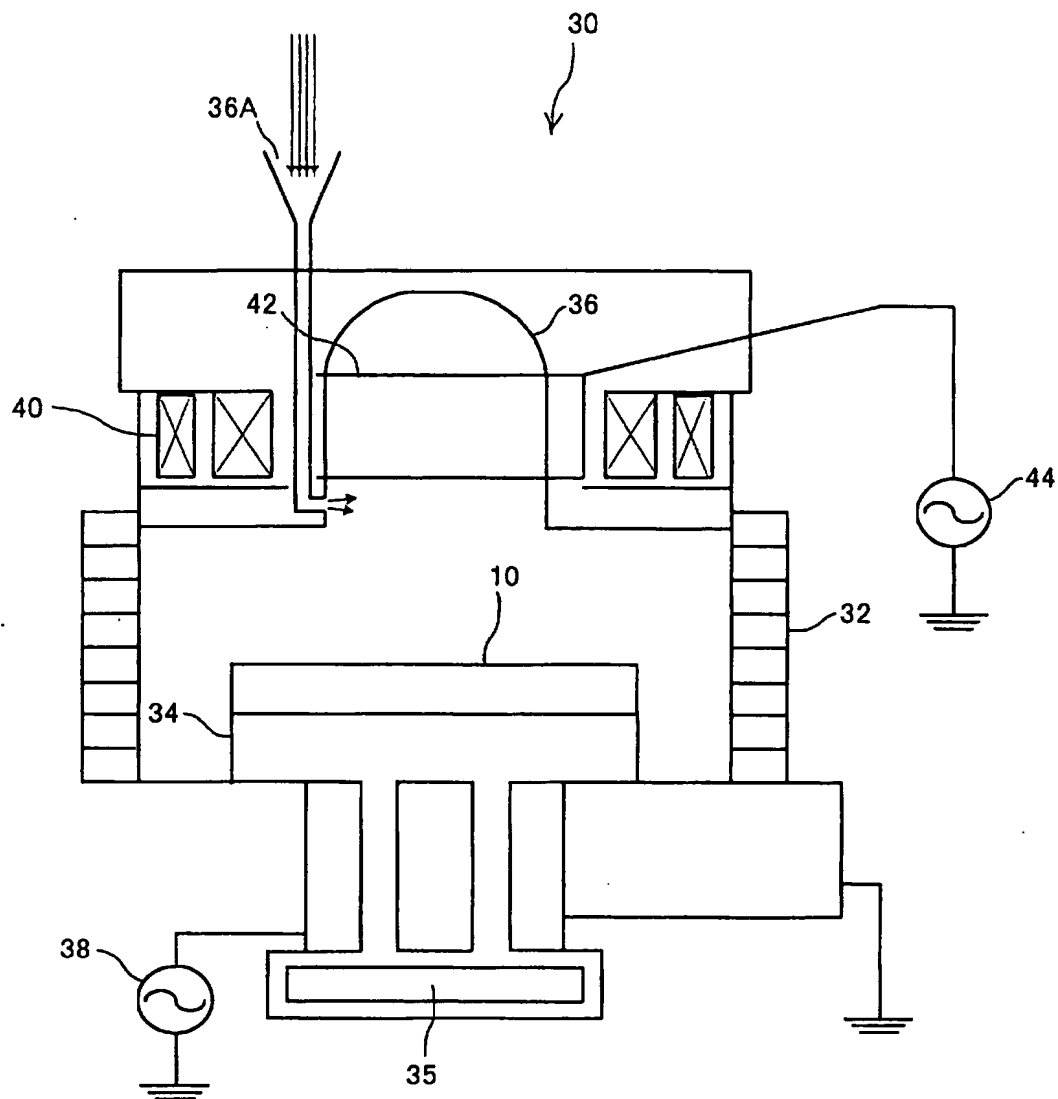
[図1]



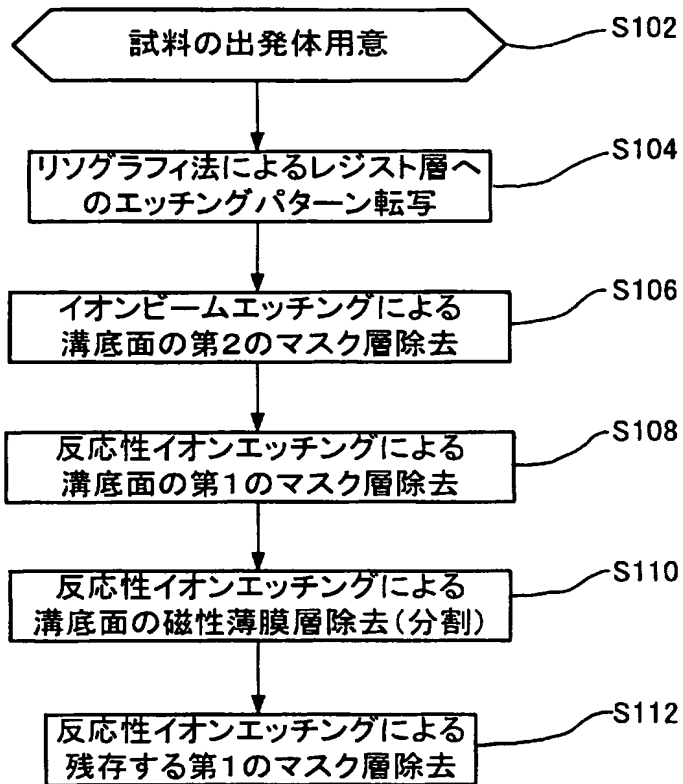
[図2]



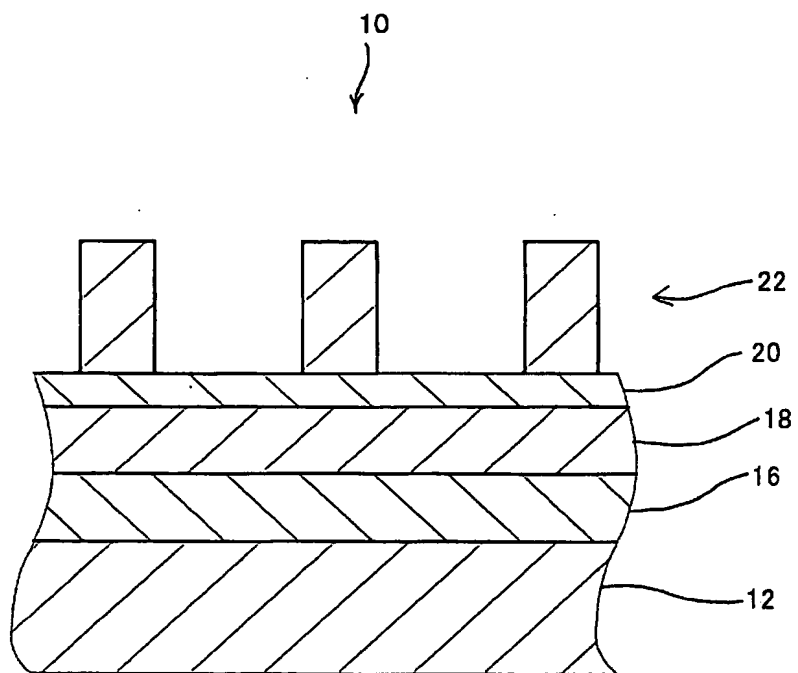
[図3]



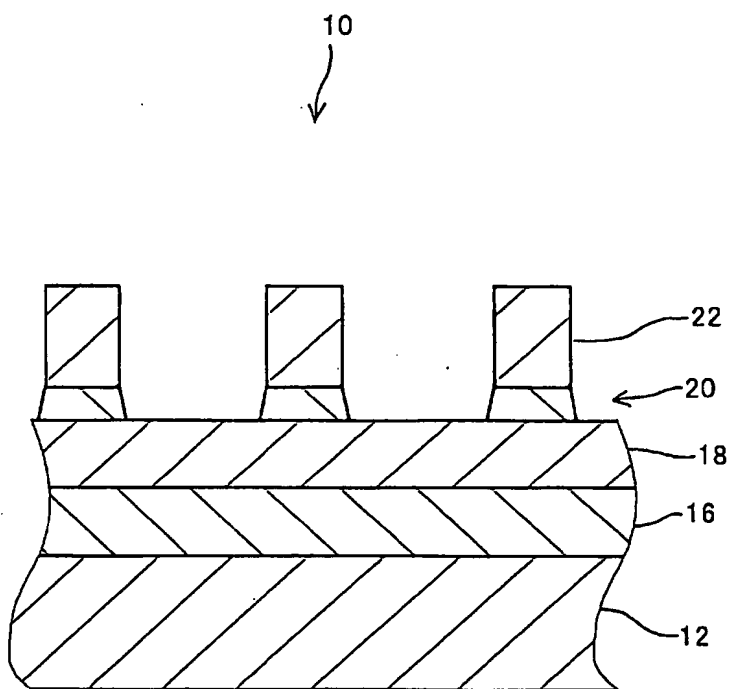
[図4]



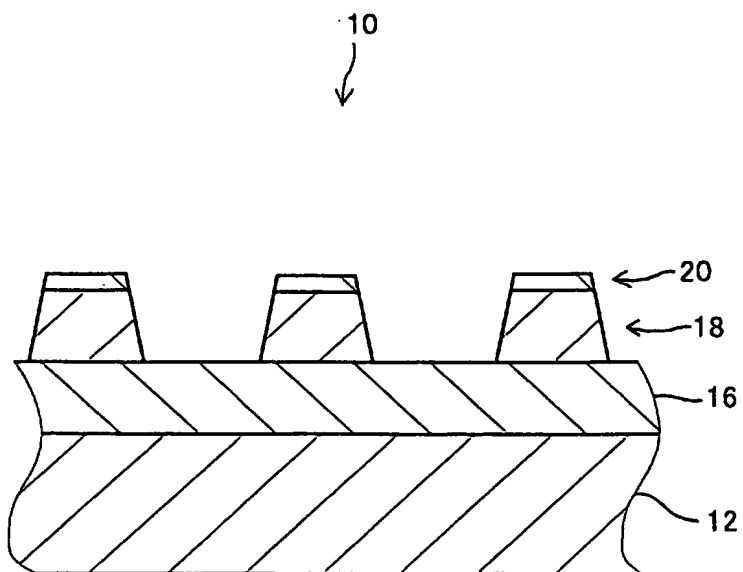
[図5]



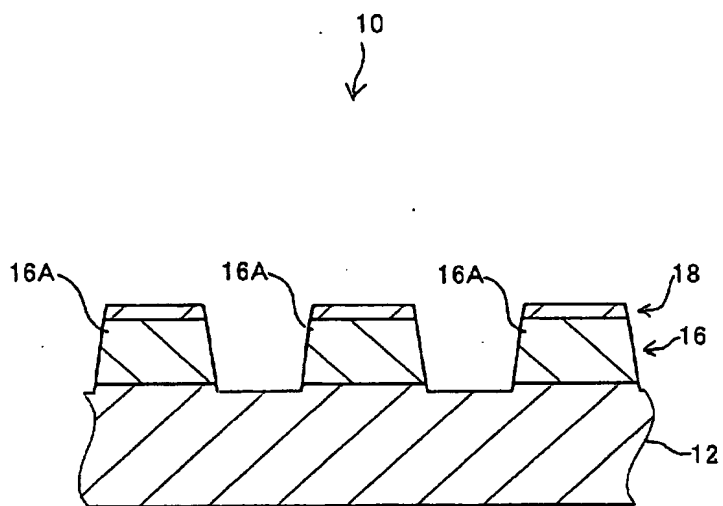
[図6]



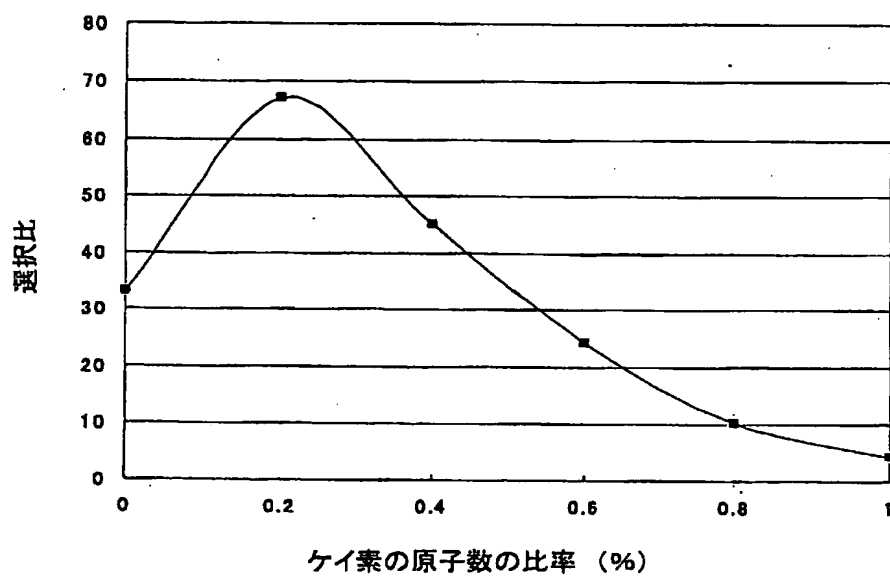
[図7]



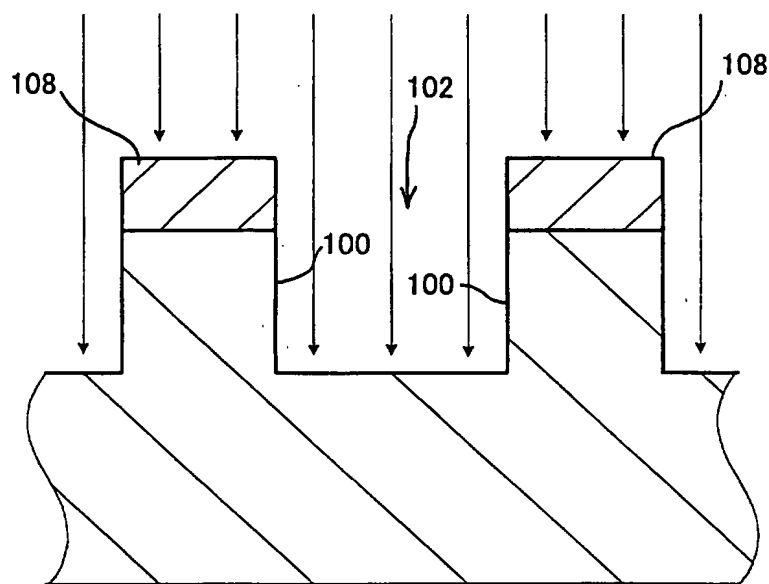
[図8]



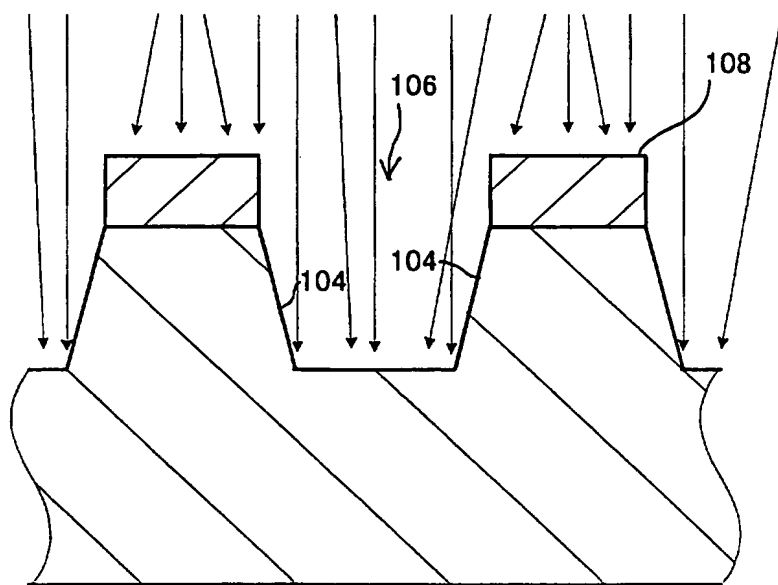
[図9]



[図10]



(A)



(B)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008232

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ C23F4/00, G11B5/84

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ C23F4/00, G11B5/84

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-38285 A (Independent Administrative Institution National Institute for Materials Science), 06 February, 2002 (06.02.02), & US 2002-38681 A	1-10
A	JP 2000-322710 A (Japan Science and Technology Corp.), 24 November, 2000 (24.11.00), (Family: none)	1-10
A	JP 2001-274144 A (TDK Corp.), 05 October, 2001 (05.10.01), & US 2002-96493 A	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
24 September, 2004 (24.09.04)

Date of mailing of the international search report
12 October, 2004 (12.10.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008232

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 1-36023 A (Sony Corp.), 07 February, 1989 (07.02.89), (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl¹ C23F4/00, G11B5/84

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl¹ C23F4/00, G11B5/84

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2002-38285 A (独立行政法人物質・材料研究機構) 2002. 02. 06 & US 2002-38681 A	1-10
A	JP 2000-322710 A (科学技術振興事業団) 2000. 11. 24 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2001-274144 A (ティーディーケイ株式会社) 2001. 10. 05 & US 2002-96493 A	1-10

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24. 09. 2004

国際調査報告の発送日

12.10.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

瀧口 博史

4E

3032

電話番号 03-3581-1101 内線 3423

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 1-36023 A (ソニー株式会社) 1989. 02. 07 (ファミリーなし)	1-10